



## Tuz Stresi Altında Çimlendirilen Arpa Tohumlarında Borik Asit Uygulamasının Sitogenetik Etkisi

Dilek ÇAVUŞOĞLU\*<sup>1</sup>, Selma TABUR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 32200, Isparta

(Alınış Tarihi: 29.05.2015, Kabul Tarihi: 23.06.2015)

### Anahtar Kelimeler

Arpa  
Borik asit  
Mitotik aktivite  
Kromozom anormallikleri  
Tuz stresi.

**Özet:** Tuz stresi altında çimlendirilen arpa (*Hordeum vulgare* L. cv. 'Bülbül 89') tohumlarının kök ucu meristemlerindeki mitotik aktivite ve kromozom anormallikleri üzerine dışsal borik asit uygulamasının etkisi araştırılmıştır. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, mitotik indeks üzerine tuzluluğun engelleyici etkisi tuz konsantrasyon artışına (0,00- kontrol, 0,25 M, 0,275 M ve 0,30 M) bağlı olarak artmıştır. En yüksek tuz seviyesinde (0,30 M) mitotik indeks büyük ölçüde indirgenmiştir. Aynı zamanda tuz konsantrasyon artışına paralel olarak kromozom anormallik frekansı önemli derecede artmıştır. Borik asit (0,005 µM) ön uygulamasına maruz bırakılan arpa tohumları ile saf su ortamında (K, kontrol) çimlendirilen tohumların mitotik indeksi karşılaştırıldığında tek başına borik asit uygulamasının mitotik indeks üzerine engelleyici bir etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca borik asit uygulamasında kromozom anormalliklerinin frekansı kontrol grubuna göre yaklaşık olarak %30 artış göstermiştir. Farklı tuz konsantrasyonları ve borik asitin eş zamanlı uygulaması mitotik indeks üzerindeki negatif etkiyi büyük ölçüde artırmıştır. Bununla birlikte borik asit özellikle yüksek tuz konsantrasyonlarında kromozom anormallikleri üzerine tuzun zararlı etkisini hafifletmede mükemmel bir başarı göstermiştir.

## Cytogenetic Effect of Boric Acid Application on Barley Seeds Germinated under Salt Stress

### Keywords

Barley  
Boric acid  
Mitotic activity  
Chromosomal aberrations  
Salt stress.

**Abstract:** The effect of exogenous boric acid on the mitotic activity and chromosomal aberrations in root tip meristems of barley (*Hordeum vulgare* L. cv. 'Bülbül 89') seeds germinated under salt stress was investigated. The inhibitory effect of salinity on mitotic index increased with increasing salt concentrations (0.00- control, 0.25, 0.275 and 0.30 M, molar NaCl) as compared to control group. The mitotic index greatly reduced at the highest salt level (0.30 M NaCl). At the same time, the frequency of chromosomal aberrations increased significantly in parallel with the salt concentration rise. It was determined that application of alone boric acid (0,005 µM) was not a prohibitive effect on mitotic index as compared with the barley seeds germinated in distilled water (C, control). Also, the frequency of chromosomal aberrations in application of boric acid increased approximately three-fold according to the control group. Boric acid+different NaCl concentrations simultaneously application remarkably increased the negative effects of salinity on the mitotic activity. However, boric acid application, particularly at high salt concentrations showed a perfect successful in alleviating of the detrimental effect of salinity on the chromosomal aberrations.

### 1. Giriş

Bitkiler doğaları gereği toprağa bağlı yaşadıkları için buldukları ortamdaki olumsuz koşullar karşısında hareket edemezler ve bu yüzden yaşamları boyunca

biyotik (rekabet, bakteri, mantar vb.) ve abiyotik (tuz, sıcaklık, don, ultraviyole vb.) streslere maruz kalarak olumsuz yönde etkilenirler. Tüm bu stresler bitkilerin biyosentetik kapasitelerini azaltmakta, normal fonksiyonlarını değiştirmekte ve bitkinin ölümüne

\* İlgili yazar: [cavusoglu.dilek@gmail.com](mailto:cavusoglu.dilek@gmail.com)

yol açabilecek zararlara neden olabilmektedir (Lichtenhaler, 1996). Bitkilerin hayatta kalmaları ve üremeleri, çevrelerinde ortaya çıkan pek çok abiyotik stres sinyallerini algılamalarına ve bu stres faktörlerine uyum göstermelerine bağlıdır. Yüksek sıcaklık, kuraklık, tuzluluk gibi abiyotik stresler bitki bünyesinde fizyolojik bozukluklara sebep olmaktadır (Vranová vd., 2002). Ancak abiyotik stresin bitkilerde hücre döngüsünün devamı ve bu süreçte genlerin ekspresyonu ile ilgili mekanizma çok iyi bilinmemektedir (Jang vd., 2005). Bu çevresel stresler tüm dünyadaki tarım alanlarının aşırı miktarda kaybına neden olarak artan dünya nüfusunun ihtiyacını gidermesi için gerekli olan ürünlerin elde edilmesinde önemli bir sorun teşkil etmektedir (Kim vd., 2007).

Tuzluluk, dünyanın birçok alanında artan bir problem olmakla birlikte yaygın çevresel streslerden biridir. Dünyada ve ülkemizde tuz etkisinde kalan toprakların miktarı gün geçtikçe artmakta, verim azalmakta ve bazı alanlar da aşırı tuzlanma nedeniyle tamamen üretim dışı kalmaktadır (Francois ve Mass, 1994). Dünya üzerindeki topraklarda doğal olarak belirli miktarda tuz bulunmaktadır, fakat çoğunlukla aşırı sulama (Zhu, 2001; Tester ve Davenport, 2003; Flowers, 2004) gibi yetersiz tarım uygulamaları toprağın rizosfer tabakasında bulunan tuz konsantrasyonunu arttırmaktadır (Mahajan ve Tuteja, 2005). Bu durum dünyanın bazı bölgelerinde önemli bir sorundur. Özellikle kurak ve yarı kurak alanlarda buharlaşmanın fazla olduğu yerlerde topraktaki tuz çözünemez ve yüzeyde birikerek yer altındaki suyun hareketini engelleyerek bitkinin su almasını önler (Kohler vd., 2010). Tuz stresi, fotosentez, solunum, protein sentezi ve mitoz bölünmeyi (Tabur ve Demir, 2010; Cesur ve Tabur, 2011) olumsuz yönde etkileyerek ürün verimliliğini azaltırken (Ahmad ve Prasad, 2012 a, b), süperoksit radikali ( $O_2^-$ ), hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) ve hidroksil (OH) radikalleri gibi bitkiye zararlı olan reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimini de artmasına neden olmaktadır (Türkan ve Demiral, 2009; Azooz vd., 2011; Ahmad vd., 2012).

Birçok araştırmacı bitkilerde tuzluluğun tohum çimlenmesi, fide büyümesi, enzim aktivitesi ve mitotik aktivite üzerine negatif etkisini ortadan kaldırmak veya yok etmek için çeşitli bitki büyüme düzenleyicilerini (Iqbal ve Ashraf, 2005; Çavuşoğlu ve Kabar, 2008; Duan vd., 2008; Tabur ve Demir, 2008, 2009, 2010) ve bazı vitaminleri (Bassuony vd., 2008; Emam ve Helal, 2008) kullanmışlardır.

Bor minerali tarımsal ürünler için gerekli mikrobeyiciler arasında bulunmaktadır ve çevreye borik asit formunda salınır (Turkez ve Geyikoğlu, 2010). Borik asit plazmada çözünebilir ve yayılabilir bir bor bileşimidir (Di Renzo vd., 2007). Bu elementin yüksek bitkiler için mutlak gerekli olduğu

yaklaşık 100 yıl önce belirlenmiş (Warington, 1923) ve son yıllarda bitki fizyolojisi ve gelişiminde önemli rolleri olduğu vurgulanmıştır (Güneş vd., 2000; Taban ve Erdal, 2000; Doğan, 2012). Bitkilerde bor noksanlığı ve toksisitesinin belirtileri diğer mikrobeyin elementlerine göre daha yaygın olarak görülmektedir (Harmankaya ve Gezgin, 2005). Toprağa uygulanan bor bitkiler tarafından kolaylıkla alınabildiği için gereğinden fazla yapılan bor uygulaması toksisiteye sebep olmaktadır (Mengel, 1984). Yüksek borik asit konsantrasyonları normal koşullar altında büyütülen fidelerin vejetatif büyümesini olumsuz etkilemektedir. Borik asit toksisitesi hücre bölünmesi ve hücre duvarı genişlemesinde azalma, kök ve gövde uzamasında inhibisyon, yaprakların klorofil, lignin ve süberin içeriğinde azalma, fotosentez oranı ve stomatal iletkenlikte düşüş gibi bazı fizyolojik etkilere neden olmaktadır (Paull vd., 1988; Nable vd., 1997). Rehman vd. (2006) düşük borik asit konsantrasyonlarının arpa fidelerinin kök ve gövde uzamasını etkilemediğini, yüksek borik asit konsantrasyonlarının ise söz konusu parametreler üzerinde engelleyici etki yaptıklarını tespit etmişlerdir. Diğer yandan borik asit ön muamelesinin tuzlu koşullar altında çimlendirilen arpa, bezelye ve domates tohumlarında nihai çimlenme yüzdesini, kök ve gövde uzamasını, kökçük sayısını, taze ve kuru ağırlığı arttırdığı rapor edilmiştir (Bonilla vd., 2004; Farr, 2010; Azeem ve Ahmad, 2011).

Borik asitin bitkilerin büyüme ve gelişmesi üzerine etkileri konusundaki çalışmaların sayısı her geçen gün artmasına rağmen, mitotik aktivite ve kromozom davranışları üzerine etkileri ile ilgili çalışmalar oldukça sınırlıdır (Dönbak vd., 2002; Toprak, 2002; Kumar ve Srivastava, 2011). Yapılan literatür araştırmalarında, özellikle bitkilerde stres şartları altında borik asitin sitogenetik etkileri hakkında herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Çalışmamızda tuz stresi altında çimlendirilen arpa (*Hordeum vulgare* L. cv. 'Bülbül 89') tohumlarının kök ucu meristemlerindeki hücre bölünmesi sırasında mitotik aktivite ve kromozom davranışları üzerine borik asit ön uygulamasının etkileri incelenmiştir. Böylece borik asidin tuz stresini ne derece yenebileceğini, hücrelerin mitoz bölünmeye girmesini teşvik edip etmediğini ve kromozomların yapısında ve davranışında herhangi bir değişikliğe neden olup olmadığını bir ölçüde açıklığa kavuşturmak amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Deneyleerde Kullanılan Tohum

Deneyleer, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Bitki Fizyolojisi ve Sitogenetik Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Deneylerde, Ankara Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından temin edilen arpa (*Hordeum vulgare* L. cv 'Bülbül 89') tohumları kullanılmıştır. Arpa tohumları kullanılmadan önce yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur. Bunun için tohumlar %1'lik sodyum hipokloritte 10 dakika tutulduktan sonra beş defa saf su ile yıkanıp filtre kağıtları üzerinde oda sıcaklığında kurutulmuştur.

## 2.2. Borik Asit ve Tuz Konsantrasyonlarının Belirlenmesi

Deneylerde kullanılan borik asit ve tuz (NaCl), Sigma-Aldrich firmasından sağlanmıştır. Yapılan bir ön çalışma sonucu tuz konsantrasyonları 0.25, 0.275, 0.30 M (molar), tuzun engelleyici etkisine karşı çimlenmeyi en iyi şekilde teşvik eden borik asit konsantrasyonu ise 0,005  $\mu$ M (mikromolar) olarak belirlenmiştir.

## 2.3. Tohumların Çimlendirilmesi

Çimlenme deneyleri 20°C'ye ayarlı etüvde yapılmıştır. Öncelikle yeterli sayıda, dolgun görünüşlü, sağlam ve birbirine benzer büyüklükteki tohumlar seçilmiştir. Daha sonra tohumlar belirli hacimdeki (50 ml) saf suda ve 0,005  $\mu$ M borik asit çözeltisinde 24 saat oda sıcaklığında ön uygulamaya tabi tutulmuştur. Bekletilen tohumlar önceden otoklavda sterilize edilmiş içinde saf su (kontrol) veya çeşitli tuz konsantrasyonlarının bulunduğu kurutma kağıdı ile kaplı petrilere düzenli olarak yerleştirilmiştir (Çavuşoğlu, 2006).

## 2.4. Sıtogenetik Analizler

Kontrol grubu ve tuz çözeltilerinde çimlendirilen tohumların kök uçları 0,5–1 cm uzunluğuna ulaştığında kesilerek paradiklorbenzen ile ilk işleme tabi tutulmuştur. Daha sonra kök uçları asetik alkolde (1:3) 24 saat fiske edilmiş ve kullanılmaya kadar %70'lik alkolde +4°C'de depolanmıştır (Hill ve Myers, 1945). Alkolden çıkarılan kök uçları 1 N HCl içerisinde 60°C'ye ayarlı etüvde 17 dakika hidroliz edilmiş, 1-1,5 saat kadar Feulgen ile boyanmış ve bir damla %45'lik asetik asitte ezme preparatlar hazırlanmıştır (Sharma ve Gupta, 1982). Hazırlanan preparatların devamlı hale getirilmesinde lam ve lamelin birbirinden ayrılması gerektiğinden alkol buharı değiş-tokuş yöntemi kullanılmıştır (Elçi, 1982).

## 2.5. Veri Analizleri ve İstatistiksel Değerlendirmeler

Hazırlanan preparatlar mikroskopta 100X büyütmede incelenmiş ve her bir tuz konsantrasyonu için 3 tekrar yapılarak yaklaşık 3000 hücre sayılmıştır. Daha sonra mitoz bölünmedeki hücreler sayılarak mitotik indeks belirlenmiştir.

Preparatların mikroskopik gözlemleri sırasında rastlanılan kromozom anormallikleri dikkate alınarak yaklaşık 300 bölünen hücrede kromozom anormallik yüzdeleri tüm uygulamalar için hesaplanmıştır. Kromozom anormalliklerinin resimleri Olympus CX-41 araştırma mikroskopunda 100X büyütme ile ve C-5060 WZ marka fotoğraf makinesi ile çekilmiştir.

Tüm parametrelerle ilgili istatistiksel değerlendirme SPSS programı kullanılarak Duncan's (1955) multiple range testine göre gerçekleştirilmiştir.

## 3. Araştırma Bulguları

### 3.1. Saf Su Ortamında Borik Asit Ön Uygulamasının Mitotik İndeks ve Kromozom Anormallikleri Üzerine Etkileri

0,005  $\mu$ M borik asitle ön uygulamaya tabi tutulan arpa tohumları 20°C'de saf su ortamında çimlenmeye bırakılmıştır. Çimlenmiş tohumlardan elde edilen kök uçları ile preparatlar hazırlanmıştır. Bu preparatlarda yapılan hücre sayım işlemleri sonucunda hesaplanan mitotik indeks değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Borik asit ön uygulamasından sonra çeşitli konsantrasyonlardaki NaCl'li ortamda çimlendirilen arpa tohumlarında mitotik indeks ve kromozom anormallik yüzde değerleri (BA= borik asit)

NaCl (M, molar)	Borik Asit (0,005 $\mu$ M)	Mitotik İndeks (%)	Kromozom Anormallikleri (%)
0.0	Kontrol	*6.9±0.7 <sup>d</sup>	0.0±0.0 <sup>a</sup>
	BA	6.8±0.4 <sup>d</sup>	29.4±1.9 <sup>c</sup>
0.25	Kontrol	6.7±0.2 <sup>d</sup>	21.2±2.5 <sup>b</sup>
	BA	1.0±0.1 <sup>b</sup>	42.8±3.4 <sup>ef</sup>
0.275	Kontrol	5.5±0.1 <sup>c</sup>	35.4±2.3 <sup>d</sup>
	BA	0.2±0.1 <sup>a</sup>	25.1±2.5 <sup>b</sup>
0.30	Kontrol	1.3±0.4 <sup>b</sup>	45.1±0.7 <sup>f</sup>
	BA	0.1±0.1 <sup>a</sup>	40.3±1.9 <sup>e</sup>

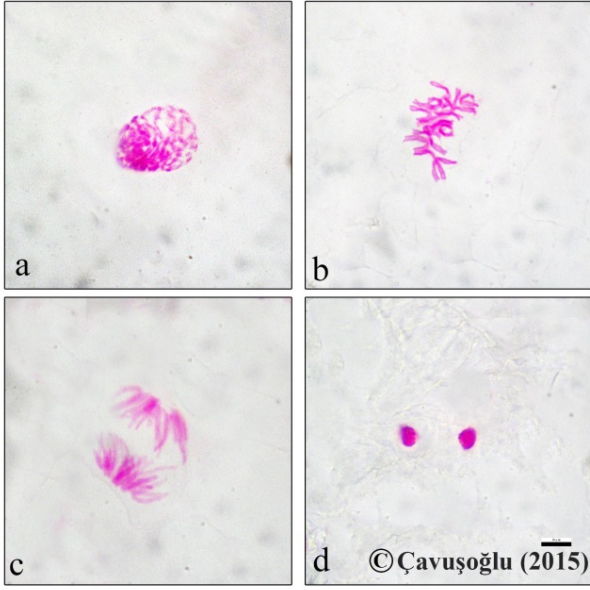
\*Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark 0.05 düzeyinde önemsizdir.

Borik asit ön uygulamasına tabi tutulan arpa tohumları ile sadece saf su ortamında çimlendirilen tohumlarının mitotik indeksi karşılaştırıldığında, tek başına borik asit uygulamasının mitotik indeks üzerine engelleyici bir etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir. Diğer bir ifadeyle, kontrol grubu tohumları ile borik asit ön uygulamalı tohumların mitotik indeks değeri arasında istatistiksel bir fark bulunmamaktadır (Tablo 1).

Kromozom anormalliklerini belirlemek üzere yapılan sitolojik incelemeler sonucunda gerek kontrol grubu gerekse borik asit ön uygulamasına tabi tutulan arpa

tohumlarının kök ucu hücrelerindeki kromozom anormalliklerinin yüzde oranı Tablo 1'de verilmiştir. Borik asit ön uygulamasında kromozom anormalliklerinin yüzdesi kontrol grubuna göre yaklaşık olarak %30 oranında bir artış göstermiştir. Kontrol grubunda anormallik oranı % 0 iken borik asit ön uygulamalı tohumların anormallik oranı % 29,4 olarak belirlenmiştir.

Yapılan incelemeler sonucunda saf su ortamında ve 20°C'de çimlendirilen kontrol grubu arpa tohumlarının kök ucu meristemlerindeki normal mitoz evreleri Şekil 1'de gösterilmiştir.



**Şekil 1.** Saf su ortamında çimlendirilen arpa tohumlarında normal mitoz evreleri, a) Profaz, b) Metafaz c) Anafaz d) Telofaz

Gerek kontrol grubu gerekse borik asit ile ön uygulamasına tabi tutulduktan sonra saf su ortamında çimlendirilen arpa kök uçlarından hazırlanan preparatlarda gözlenen çeşitli kromozom anormallikleri Şekil 2'de belirtilmiştir. Söz konusu anormalliklerin çoğu mikronükleus, granülizasyon, düzensiz profaz, kromozomların sarmallanamaması, yapışık kromozom, anafaz ve telofazda kromozom köprüleri, alignment anafaz, multipolar anafaz, anafazda geri kalmış kromozom, anafaz ve telofazda kutup kayma şeklindedir.

### 3.2. Çeşitli Tuz Konsantrasyonlarında Borik Asit Ön Uygulamasının Mitotik İndeks ve Kromozom Anormallikleri Üzerine Etkileri

Tuzlu koşullar altında çimlendirilen arpa tohumlarının, mitotik indeks değerine borik asidin etkinlik derecesini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmadan elde edilen mitotik indeks değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

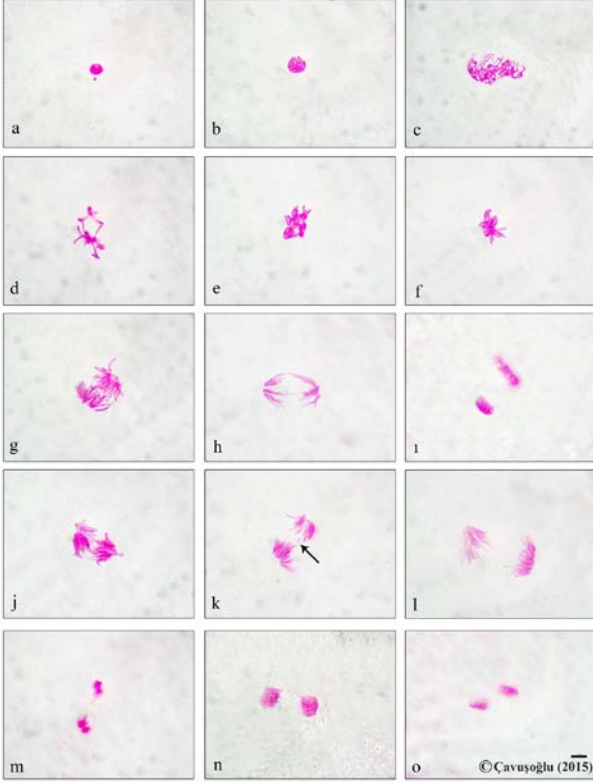
Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında arpa tohumlarının mitotik indeks değeri tuz konsantrasyonunun artışına paralel olarak özellikle yüksek konsantrasyonlarda dikkate değer bir şekilde azalma göstermiştir. Saf su ortamında (K, kontrol) çimlendirilen arpa tohumlarının mitotik indeksi 6,9 iken, 0,25 M tuz konsantrasyonunda 6,7; 0,275 M tuzlulukta 5,5 ve 0,30 M tuzlulukta 1,3 olarak tespit edilmiştir. Yani artan tuz konsantrasyonu arpa tohumlarında mitotik indeksi olumsuz yönde etkilemiştir. En yüksek tuz seviyesinde (0,30 M) mitotik indeks büyük ölçüde indirgenmiştir. Borik asit ön uygulamasından sonra farklı tuz konsantrasyonlarında çimlendirilen tohumlar kendi kontrol grupları ile kıyaslandığında mitotik indeks değerinde istatistiksel olarak oldukça önemli bir azalma kaydedilmiştir. Yani tuzlulukla birlikte borik asit uygulaması arpa tohumlarının mitotik indeksi üzerindeki negatif etkiyi büyük ölçüde arttırmıştır.

Genel olarak saf su ve borik asit ön uygulamalı tohumların aynı konsantrasyondaki tuz çözeltilerinde çimlendirilmesi sonucu elde edilen mitotik indeks değerleri karşılaştırıldığında, borik asit ön uygulamasının çalışılan tüm tuz konsantrasyonlarında mitotik indeksi azalttığı tespit edilmiştir. Ancak çalışılan en yüksek tuz konsantrasyonunda (0,30 M), bahsedilen bu uygulama için mitotik indeks değerleri arasındaki fark nispeten daha azdır (Tablo 1).

Tuzlu koşullar altında çimlendirilen arpa tohumlarının kromozom anormallik yüzdesine borik asidin etkinlik derecesini belirlemek amacıyla yapılan sitolojik incelemeler sonucunda elde edilen kromozom anormallik yüzdeleri Tablo 1'de verilmiştir.

Artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak arpa tohumlarının kök ucu hücrelerinde oldukça yüksek bir oranda kromozomal anormallikler ortaya çıkmıştır. Saf su ortamında çimlendirilen kontrol tohumlarında kromozom anormalliklerine rastlanmazken 0,25 M tuzlulukta 21,2; 0,275 M tuzlulukta 35,4; ve 0,30 M tuzlulukta 45,1 oranında giderek artan kromozom anormallikleri kaydedilmiştir. Diğer bir ifadeyle, yüksek tuz konsantrasyonlarında görülen kromozom anormalliklerinin kontrol grubuna göre oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca borik asit ile muamele edildikten sonra 0,275 M tuzluluk hariç çalışılan diğer tuz konsantrasyonlarında çimlendirilen tohumların kromozom anormallik yüzdeleri, sadece borik asit ile muamele edilen tohumların yüzdesinden istatistiksel açıdan önemli sayılabilecek derecede bir artış göstermiştir. Ancak bu değerler sadece farklı tuz konsantrasyonlarında çimlendirilen tohumların yüzdeleri ile karşılaştırıldığında, borik asit + tuz eş zamanlı uygulaması özellikle yüksek tuz

konsantrasyonlarında (0,275 ve 0,30 M) tuz stresinin bu parametre üzerine olumsuz etkisini hafifletmekte oldukça başarılı olmuştur. Diğer bir ifade ile kromozom anormallik yüzdesi 0,30 M tuz konsantrasyonunda 45,1 iken, borik asit ön uygulamasıyla 40,3'e, 0,275 M tuz konsantrasyonunda 35,4 iken 25,1'e indirgenmiştir (Tablo 1).



**Şekil 2.** Borik asit ön uygulamasından sonra çeşitli konsantrasyonlardaki NaCl'li ortamda çimlendirilen arpa tohumlarındaki çeşitli kromozom anormallikleri a) Mikronükleus; b) Granülizasyon; c) Düzensiz profaz; d) Kromozomların sarmalanamaması; e ve f) Yapışık kromozom; g ve h) Anafazda köprü; i) Alignment anafaz; j) Multipolar anafaz; k) Anafazda geri kalmış kromozom; l ve m) Anafazda kutup kayması; n) Telofazda kromozom köprüsü; o) Telofazda kutup kayması

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada borik asidin hem normal hem de tuz stresi altında çimlendirilen arpa tohumlarının kök ucu hücrelerindeki mitotik indeks ve kromozom davranışları üzerine etkileri karşılaştırmalı olarak araştırılmıştır.

Kromozomlarla ilgili çalışmalarda, hücre bölünmesi ve kromozom anormalliklerinin belirlenmesi için değişik metotlar kullanılmaktadır. Hücre bölünmesi sırasında bölünmeyi kontrol edebilecek 8-hidroksikinolin (Rousi, 1961),  $\alpha$ -monobromonaftalin (Kuta, 1980; Elçi, 1982), paradiklorbenzen (Elçi,

1982; Sharma ve Gupta, 1982; Tabur vd. 2002), kolkisin (Terziiski ve Dimitrov, 1983; Guidetta Roti-Michelozzi, 1986) ve erimekte olan buz (Ladizinsky ve Hadassa, 1984; Maxted vd., 1991) gibi ön uygulama çözeltilerinin kullanıldığı bilinmektedir. Çalışmamızda ön uygulama için Elçi (1982), Sharma ve Gupta (1982) ve Tabur vd. (2002)'nin uyguladığı metot esas alınarak paradiklorbenzenin doymuş çözeltisi kullanılmıştır.

Feulgen ile yapılan boyamalarda kromozomların optimum boyayı almasındaki en önemli noktalardan birisi olan ve özellikle dokuların birbirinden ayrılarak hücrelerin daha iyi gözlemlenebilmesi için hidrolizin önemli olduğu belirtilmiştir (Elçi, 1982). Hidroliz için zaman, sıcaklık ve hidrolizde kullanılan HCl'nin konsantrasyonu önemlidir. Yine hidroliz süresi de materyale göre değişiklik gösterdiğinden çok iyi zamanlama yapılması gerekmektedir. Çalışma materyalimiz için hidroliz süresinin 60°C'de 1 N HCl içerisinde 17 dakika bekletilmesinin (Fox, 1969) uygun olduğu görülmüştür.

Yapılan literatür çalışmalarında, borik asidin normal şartlar altında çimlenme, mitotik indeks ve kromozom anormallikleri üzerine etkileri ile ilgili birkaç çalışma olmasına rağmen (Dönbak vd., 2002; Toprak, 2002; Konuk vd., 2007; Pandey ve Santosh, 2007; Kumar ve Srivastava, 2011), stres şartları altında bu parametreler üzerinde yapılan herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak borik asidin stres koşulları altında bu parametreler üzerindeki etkilerine geçmeden önce arpa tohumlarının optimum sıcaklık olan 20°C'de saf su ortamında çimlendirme esnasındaki etkilerinin karşılaştırılması uygun bulunmuştur. Araştırma bulguları bölümünde 3.1 alt başlığı altında da görüldüğü gibi borik asit ile ön muamele yapılmamış (kontrol, K) arpa tohumlarının mitotik indeks değeri 6,9 iken, borik asit ön uygulamalı tohumlarda bu değer 6,8 olmuştur. Diğer bir ifade ile borik asit ön uygulaması mitotik indeks üzerinde kontrol grubuyla aynı etkiyi göstermiştir. Sitolojik incelemeler sonucunda borik asit ön uygulamalı tohumların kök ucu hücrelerindeki kromozom anormalliklerinin frekansı kontrole göre önemli oranında bir artış göstermiştir. Bu durumda bazı anormalliklerin borik asitten kaynaklandığını söyleyebiliriz. Yapılan çalışmanın sonucunda borik asit ön uygulamasının, saf su ortamında çimlendirilen arpa tohumlarının mitotik indeksi üzerine etkisiz olduğunu ama yüksek tuz konsantrasyonlarında kromozom anormalliklerini azalttığı ortaya çıkartılmıştır (Tablo 1).

Toprak tuzluluğu, bitki büyüme ve gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir. Dünya tarım alanlarının yaklaşık % 20'si tuzlanma tehlikesi altındadır (Zhu, 2001). Bilindiği gibi tuzlu koşullar, halofit bitkilerde bile, genellikle büyüme ve gelişmeyi olumsuz yönde etkilemektedir. Yani tuzlu koşullarda genellikle

çimlenme engellenmekte, büyüme hızı yavaşlamakta ve verim azalmaktadır. Bazı hallerde ise bitki, hayat devresini tamamlayamadan ölmektedir (Gill ve Singh, 1985; Schmidhalter ve Oertli, 1991).

Al-Karaki (2001) ve Ghoulam ve Fares (2001); yapmış oldukları çalışmada tuzluluğun büyüme ve gelişme üzerine etkisinin iki şekilde olduğunu belirtmişlerdir. Bunlardan birincisi tuzun ortamda oluşturduğu ozmotik basınçtan dolayı çimlenebilmesi için gerekli olan suyun alınmaması (ozmotik etki), ikincisi ise tuz iyonlarının embriyo ya da fideler için toksik etki (iyon etkisi) yaparak büyüme ve gelişmesini engellemesidir. Bu iki mekanizmanın dışında da tuz stresi bitki büyüme ve gelişmesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Tuz, mitoz bölünmeyi engelleyerek çimlenmeyi durdurabilir (Tabur ve Demir 2009, 2010; Cesur ve Tabur 2011); DNA, RNA ve protein sentezini engellemek suretiyle büyüme ve gelişmeyi olumsuz yönde etkileyebilir (Anuradha ve Rao, 2001; Özdemir vd., 2004); hücre zarının geçirgenliğini etkileyerek besin alışverişinin bozulmasına neden olabilir (Tiburcio vd., 1994). Ayrıca tuz, bitki hücrelerinde solunumu genellikle engeller (Porath ve Poljakoff- Mayber, 1964) bazen de teşvik eder (Brix, 1962), bitki hücrelerine giren Na<sup>+</sup> veya Cl<sup>-</sup> iyonları, antagonist etki nedeniyle hücrenin metabolik faaliyetleri için gerekli olan Ca<sup>++</sup>, K<sup>+</sup> gibi diğer iyonların alınmasına engel olur (Munns ve Tester, 2008). Üstelik tuz hücreler için gerekli olan enzimlerin aktivitesini engelleyerek çimlenmeyi durdurabilir (Miller vd., 2010).

Çalışmamızda tuz stresinin, konsantrasyon artışına bağlı olarak arpa tohumlarının mitotik indeksinde azalmaya neden olduğu görülmüştür. Daha önce yapılan çalışmalarda da belirtildiği gibi tuz stresinin mitotik aktiviteyi azalttığı gerçeği bu çalışmayla bir kez daha kanıtlanmıştır (Huang ve Van Steveninck, 1990; Katsuhara ve Kawasaki, 1996; Lutsenko vd., 2005; Tabur ve Demir, 2008; Cesur ve Tabur, 2011). Artan tuz konsantrasyonlarının mitotik indeksin yanı sıra kromozom davranışları üzerine de olumsuz etkiler gösterdiği belirlenmiştir. Değişen tuz konsantrasyonlarının kromozom anormallikleri üzerindeki olumsuz etkileri çeşitli araştırmacılar tarafından da vurgulanmıştır. Tajbakhsh vd. (2006) arpa tohumları ile yaptıkları çalışmada artan tuz seviyesinin mitoz bölünmenin anafaz safhasında kromozom anormalliklerine sebep olarak hücre bölünmesini geciktirdiğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca Huiland ve Zili (2001)'da yapmış oldukları çalışmalarında tuz çözeltisinin çeşitli tiplerde kromozom anormalliklerine neden olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda tuzluluğun benzer anormalliklere neden olduğu tespit edilmiş ve bu anormalliklerin yüzdeleri Tablo 1'de belirtilmiştir. Buna göre saf su ortamında çimlendirilen tohumlarda herhangi bir anormalliğe rastlanmamış, ancak artan tuz konsantrasyonuna paralel olarak kromozom

anormallik yüzdelerinde artış saptanmıştır. Bu durum bize tuz stresinin kromozom anormalliklerinin arttırıcı bir etkisi olduğunu göstermektedir.

Yapılan literatür araştırmalarında birçok araştırmacı borik asitin doza bağlı olarak normal şartlar altında mitotik indeksi azalttığını ve çeşitli tiplerde ve yüzdelerde kromozom anormalliklerine sebep olduğu ileri sürülmektedir (Dönbak vd., 2002; Pandey ve Santosh, 2007; Kumar ve Srivastava, 2011). Ancak çalışmamızda borik asit ön uygulamasının, saf su ortamında çimlendirilen arpa tohumlarının mitotik indeksini etkilemediği, kromozom davranışları ve anormalliklerini ise önemli derecede etkilediği tespit edilmiştir. Borik asit ön uygulamasının tuzlu koşullar altında çimlendirilen tohumların mitotik indeksi üzerindeki etkisiyle ilgili çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmamızda borik asidin, tuz stresinin mitotik indeks üzerindeki etkisi kendi kontrolü ile kıyaslandığında istatistiksel açıdan oldukça önemli oranda azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca borik asit özellikle 0,275 ve 0,30 M tuzlulukta kendi kontrol gruplarına göre kromozom anormallik yüzdesi üzerindeki olumsuz etkiyi dikkate değer bir şekilde azaltmıştır. Tüm tuz konsantrasyonları göz önüne alındığında borik asit kendi kontrolüne kıyasla en fazla kromozom anormallik yüzdesini en yüksek tuz konsantrasyonunda (0,30 M) sergilemiştir (Tablo 1).

Bu çalışmada, tüm dünyada ve ülkemizde ekonomik açıdan oldukça fazla öneme sahip olan arpa tohumları kullanılarak normal şartlarda ve tuz stresi altında borik asidin mitotik indeks ve kromozom davranışları arasındaki etkileşimleri karşılaştırılmış ve literatürdeki bir boşluğun doldurulması amaçlanmıştır. Sonuç olarak borik asidin mitotik aktivite üzerinde önemsenecek bir etkiye sahip olmadığı ve stressiz ortamda kromozom davranışları üzerinde önemli derecede anormalliğe neden olduğu tespit edilmiştir. Bu da tek başına borik asit uygulamasının zamanla çeşitli tiplerde mutasyonlar oluşturabileceği gerçeğini ortaya çıkarmaktadır. Bilindiği gibi stres şartları olmadıkça dışarıdan herhangi bir büyüme düzenleyicisinin ilavesine gerek yoktur. Ancak bu çalışma, stresli ortamda özellikle burada ele alınan tuz stresi koşullarında borik asit ön uygulamasının hem tuzun hem de borik asidin tek başına sebep olduğu kromozom anormallikleri üzerindeki olumsuz etkilerini hafifletebileceğini desteklemektedir.

Sonuç olarak, mitotik aktivite ve kromozom anormallikleri üzerinde doğrudan veya dolaylı olarak etkin olabilen, nükleik asit metabolizması, protein ve enzim sentezi gibi temel metabolik olaylar üzerinde borik asitin etkilerinin araştırılması söz konusu mekanizmanın aydınlığa kavuşturulmasına katkıda bulunacaktır.

## Kaynaklar

- Ahmad, P., Hakeem, K.R., Kumar, A., Ashraf, M., Akram, N.A., 2012. Salt Induced Changes in Photosynthetic Activity and Oxidative Defense System of Three Cultivars of Mustard (*Brassica juncea* L.). African Journal of Biotechnology, 11(11), 2694-2703.
- Ahmad, P., Prasad, M.N.V., 2012a. Environmental Adaptations and Stress Tolerance in Plants in the Era of Climate Change. Springer Science Business Media, LLC, New York.
- Ahmad, P., Prasad, M.N.V., 2012b. Abiotic Stress Responses in Plants: Metabolism, Productivity and Sustainability. Springer Science, Business Media, LLC, New York.
- Al-Karaki, G.N., 2001. Germination, Sodium and Potassium Concentration of Barley Seeds as Influenced by Salinity. Journal of Plant Nutrition, 24, 511-522.
- Anuradha, S., Rao, S.S.R., 2001. Effect of Brassinosteroids on Salinity Stress Induced Inhibition of Seed Germination and Seedling Growth of Rice (*Oryza sativa* L.). Plant Growth Regulation, 33(2), 151-153.
- Azeem, M., Ahmad, R., 2011. Foliar Application of some Essential Minerals on Tomato (*Lycopersicon esculentum*) Plant Grown under Two Different Salinity Regimes. Pakistan Journal of Botany, 43, 1513-1520.
- Azooz, M.M., Youssef, A.M., Ahmad, P., 2011. Evaluation of Salicylic Acid (SA) Application on Growth, Osmotic Solutes and Antioxidant Enzyme Activities on Broad Bean Seedlings Grown under Diluted Seawater. International Journal of Plant Physiology and Biochemistry, 3, 253-264.
- Bassuony, F.M., Hassanein, R.A., Baraka, D.M., Khalil, R.R., 2008. Physiological Effects of Nicotinamide and Ascorbic Acid on *Zea mays* Plant Grown under Salinity Stress. II-Changes in Nitrogen Constituents, Protein Profiles, Protease Enzyme and Certain Inorganic Cations. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 2(3), 350-359.
- Bonilla, I., El-Hamdaoui, A., Bolanos, L., 2004. Boron and Calcium Increase *Pisum sativum* Seed Germination and Seedling Development under Salt Stress. Plant and Soil, 267, 97-107.
- Brix, H., 1962. The Effect of Water Stress on the Rates of Photosynthesis and Respiration in Tomato Plants and Loblolly Pine Seedlings. Physiologia Plantarum, 15, 10-20.
- Cesur, A., Tabur, S., 2011. Chromotoxic Effects of Exogenous Hydrogen Peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) in Barley Seeds Exposed to Salt Stress. Acta Physiologiae Plantarum, 33, 707-709.
- Çavuşoğlu, K., 2006. Geleneksel Hormonlarla Son Yıllarda Bulunan Bazı Hormonların ve Büyüme Düzenleyicilerinin Yüksek Sıcaklık ve Tuz (NaCl) Stresleri Altındaki Arpa ve Turp Tohumlarının Çimlenmesi Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 161 s, Isparta.
- Çavuşoğlu, K., Kabar, K., 2008. Bazı Bitki Büyüme Düzenleyicilerinin Tuzlu Koşullar Altındaki Arpa Tohumlarının Çimlenmesi Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması. Science and Engineering Journal of Fırat University, 20(1), 43-55.
- Di Renzo, F., Cappelletti, G., Broccia, M.L., Giavini, E., Menegola, E., 2007. Boric Acid Inhibits Embryonic Histone Decatylases: A Suggested Mechanism to Explain Boric Acid Related Tetragonality. Toxicology Applied Pharmacology, 220, 178-185.
- Doğan, M., 2012. Farklı Bor Uygulamalarının *Capparis* L. spp. ve *Carthamus* L. spp. Tohumlarının Çimlenmesi Üzerine Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 16(2), 154-161.
- Dönbak, L., Rencüzoğulları, E., Topaktaş, M., 2002. The Cytogenic Effects of the Food Additive Boric Acid in *Allium cepa* L. the Japan Mendel Society. Cytologia, 67, 153-157.
- Duan, J., Li, J., Guo, S., Kang, Y., 2008. Exogenous Spermidine Affects Polyamine Metabolism in Salinity-Stressed *Cucumis sativus* Roots and Enhances Short-Term Salinity Tolerance. Journal of Plant Physiology, 165, 1620-1635.
- Duncan, D.B., 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrics, 11, 1-42.
- Elçi, Ş., 1982. Sitogenetikte Gözlemler ve Araştırma Yöntemleri. Fırat Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, 165 s, Elazığ.
- Emam, M.M., Helal, N.M., 2008. Vitamins Minimize the Salt-Induced Oxidative Stress Hazards. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 2, 1110-1119.
- Farr, H.J., 2010. Early Growth Tolerance to Boron and Salt in Wheat and Barley. Curtin University, Agricultural Technology, Msc Thesis, 95 p, Australia.
- Flowers, T.J., 2004. Improving Crop Salt Tolerance. Journal of Experimental Botany, 55, 307-319.

- Fox, D.P., 1969. Some Characteristic of the Cold Hydrolysis Technique for Staining Plant Tissues by the Feulgen Reaction. *Journal of Histochemistry Cytochemistry*, 17, 266-272.
- Francois, L.E., Maas, E.V., 1994. Crop Response and Management on Salt Affected Soils. In: Pessaraki M (ed.). *Handbook of Plant and Crop Stress*, Marcel Dekker, New York, 149-181.
- Ghoulam, C., Fares, K., 2001. Effect of Salinity on Seed Germination and Early Seedling Growth of Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.). *Seed Science Technology*, 29, 357-364.
- Gill, K.S., Singh, O.S., 1985. Effect of Salinity on Carbohydrate Metabolism during paddy (*Oryza sativa*) Seed Germination under Salt Stress Condition. *The Journal of Experimental Biology*, 23, 384-386.
- Guidetta Roti-Michelozzi, G., 1986. Biosystematic studies on the *Vicia villosa* complex in Europe. *Candollea*, 41, 399-411.
- Güneş, A., Alpaslan, M., Özcan, H., Çıkkılı, Y., 2000. Türkiye’de Yaygın Olarak Yetiştirilen Mısır (*Zea mays* L.) Çeşitlerinin Bor Toksisitesine Duyarlılıkları. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24, 277-282.
- Harmankaya, M., Gezgin, S., 2005. Konya Ovası Topraklarında Bor Fraksiyonlarının Belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(36), 93-105.
- Hill, H.D., Myers, W.M., 1945. A Schedule Including Cold Treatment to Facilitate Somatic Chromosome Counts in Certain Forage Grasses. *Stain Technology*, 20, 89-92.
- Huang, C.X., Van Steveninck, R.F.M., 1990. Salinity Induced Structural Changes in Meristematic Cells of Barley Roots. *New Phytologist*, 115, 17-22.
- Huilan, Y., Zili, Z., 2001. Cell Division and Chromosome Behavior of *Hordeum vulgare* Seedlings under Salt Stress. *Hereditas*, 23(1), 29-32.
- Iqbal, M., Ashraf, M., 2005. Changes in Growth Photosynthetic Capacity and Ionic Relations in Spring Wheat (*Triticum aestivum* L.) Due to Pre-Sowing Seed Treatment with Polyamines. *Plant Growth Regulation*, 46, 19-30.
- Jang, S.J., Shin, S.H., Yee, S.T., Hwang, B., Im, K.H., Park, K.Y., 2005. Effects of Abiotic Stresses on Cell Cycle Progression in Tobacco BY-2 Cells. *Molecules and Cells*, 20(1), 136-141.
- Katsuhara, M., Kawasaki, T., 1996. Salt Stress Induced Nuclear and DNA Degradation in Meristematic Cells of Barley Roots. *Plant and Cell Physiology*, 37, 169-173.
- Kim, M.J., Lim, G.H., Kim, E.S., Ko, C.B., Yang, K.Y., Jeong, J.A., 2007. Abiotic and Biotic Stress Tolerance in Arabidopsis Overexpressing the Multiprotein Bridging Factor 1a (MBF1a) Transcriptional Coactivator Gene. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 354, 440-446.
- Kohler, J., Caravaca, F., Roldán, A., 2010. An AM Fungus and a PGPR Intensify the Adverse Effects of Salinity on the Stability of Rhizosphere Soil Aggregates of *Lactuca sativa*. *Soil Biology and Biochemistry*, 42, 429-434.
- Konuk, M., Liman, R., Cığerci, İ.H., 2007. Determination of Genotoxic Effect of Boron on *Allium cepa* Root Meristematic Cells. *Pakistan Journal of Botany*, 39(1), 73-79.
- Kumar, G., Srivastava, N., 2011. Genotoxic Effects of Two Commonly Used Food Additives of Boric Acid and Sunset Yellow in Root Meristems of *Trigonella foenum-Graecum*. *Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 4(8), 361-366.
- Kuta, E., 1980. Karyological Studies on the Genus *Vicia* L. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 22, 81-89.
- Ladizinsky, G., Hadassa, V.O., 1984. Genetic Relationships between Wild and Cultivated *Vicia ervilia* (L.) Willd. *Botanical Journal of The Linnean Society*, 89, 97-100.
- Lichtenhaler, H.K., 1996. Vegetation Stress: An Introduction to the Stress Concept in Plants. *Journal of Plant Physiology*, 148, 4-14.
- Lutsenko, E.K., Marushko, E.A., Kononenko, N.V., Leonova, T.G., 2005. Effects of Fusicoccin on the Early Stages of Sorghum Growth at High NaCl Concentrations. *Russian Journal of Plant Physiology*, 52, 332-337.
- Mahajan, S., Tuteja, N., 2005. Cold, Salinity and Drought Stresses an Overview. *Archives Biochemistry Biophysics*, 444, 139-158.
- Maxted, N., Callimassia, M.A., Bennett, M.D., 1991. Cytotaxonomic Studies of Eastern Mediterranean *Vicia* Species (Leguminosae). *Plant Systematics and Evolution*, 177, 221-234.
- Mengel, K., 1984. Bitkinin Beslenmesi ve Metabolizması. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, 162 s, Adana.



- Miller, G., Suzuki, N., Çiftci-Yılmaz, S., Mittler, R., 2010. Reactive Oxygen Species Homeostasis and Signalling during Drought and Salinity Stresses. *Plant Cell and Environmental*, 33, 453-467.
- Munns, R., Tester, M., 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651-681.
- Nable, R.O., Banuelos, G.S., Paull, J.G., 1997. Boron Toxicity. *Plant and Soil*, 193, 181-198.
- Özdemir, F., Bor, M., Demiral, T., Türkan, İ., 2004. Effects of 24-Epibrassinolide on Seed Germination, Seedling Growth, Lipid Peroxidation, Proline Content and Antioxidative System of Rice under Salinity Stress. *Plant Growth Regulation*, 42, 203-211.
- Pandey, R.M., Santosh, U., 2007. Impact of Food Additives on Mitotic Chromosomes of *Vicia faba* L. *Caryologia*, 60( 4), 309-314.
- Paull, J.G., Cartwright, B., Rathjen, A.J., 1988. Responses of Wheat and Barley Genotypes to Toxic Concentrations of Soil Boron. *Euphytica*, 39, 137-144.
- Porath, E., Poljakoff-Mayber, A., 1964. Effect of Salinity on Metabolic Pathways in Pea Root Tips. *Israel Journal of Botany*, 13, 115-121.
- Rehman, S., Park, T.I., Kim, Y.J., Seo, Y.W., Yung S.J., 2006. Inverse Relationship between Boron Toxicity Tolerance and Boron Contents of Barley Seed and Root. *Journal of Plant Nutrition*, 29, 1779-1789.
- Rousi, A., 1961. Cytotaxonomic Studies on *Vicia cracca* L. and *V. tenuifolia* Roth. I. Chromosome Number and Karyotype Evolution. *Hereditas*, 47, 81-110.
- Schmidhalter, U., Oertli, J.J., 1991. Germination and Seedling Growth of Carrots under Salinity and Moisture Stress. *Plant and Soil*, 132, 243-251.
- Sharma, P.C., Gupta, P.K., 1982. Karyotypes in some Pulse Crops. *The Nucleus*, 25, 181-185.
- Taban, S., Erdal, İ., 2000. Bor Uygulamasının Değişik Buğday Çeşitlerinde Gelişme ve Toprak Üstü Aksamda Bor Dağılımı Üzerine Etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24, 255-262.
- Tabur, S., Civelek, Ş., Bağcı, E., 2002. Cytotaxonomic Studies on some *Vicia* L. Species Growing in Eastern Mediterranean Region of Turkey. *Acta Botanica Hungarica*, 44(1-2), 185-204.
- Tabur, S., Demir, K., 2008. Tuz Stresi (NaCl) Altında Çimlendirilen Arpa Tohumlarının Mitotik İndeks ve Kromozom Anormallikleri Üzerine Bazı Bitki Büyüme Düzenleyicisi Kombinasyonlarının Etkileri. *SDÜ Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 3(2), 162-173.
- Tabur, S., Demir, K., 2009. Cytogenetic Response of 24-Epibrassinolide on the Root Meristem Cells of Barley Seeds under Salinity. *Plant Growth Regulation*, 58, 119-123.
- Tabur, S., Demir, K., 2010. Role of some Growth Regulators on Cytogenetic Activity of Barley under Salt Stress. *Plant Growth Regulation*, 60, 99-104.
- Tajbakhsh, M., Zhou, M.X., Chen, Z.H., Mendham, N.J., 2006. Physiological and Cytological Response of Salt-Tolerant and Non-Tolerant Barley to Salinity during Germination and Early Growth. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46(4), 555-562.
- Terziiskii, D., Dimitrov, B., 1983. Karyotype Analyses in *Vicia hirsuta* (L.) S:F:Gray and *Vicia Meyeri* Boiss. *Caryologia*, 36, 345-354.
- Tester, M., Davenport, R., 2003. Na<sup>+</sup> Tolerance and Na<sup>+</sup> Transport in Higher Plants. *Annals of Botany*, 91, 503-527.
- Tiburcio, A.F., Besford, R.T., Borrell, A., 1994. Posttranslational Regulation of Arginine Decarboxylase Synthesis by Spermine in Osmotically-Stressed Oat Leaves. *Biochemical Society Transactions*, 22, 455.
- Toprak, R., 2002. Bakla (*Vicia faba* L.) Kökü Meristem Hücrelerinde Mitotik Aktivite Üzerine Bor'un Etkileri. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 31 s, Afyon.
- Turkez, H., Geyikoğlu, F., 2010. Boric acid: A Potential Chemoprotective Agent Against Aflatoxin B<sub>1</sub> Toxicity in Human Blood. *Cytotechnology*, 62, 157-165.
- Türkan, İ., Demiral, T., 2009. Recent Developments in Understanding Salinity Tolerance. *Elsevier*, 67, 2-9.
- Vranovà, E., Inzé, D., Breusegem, F.V., 2002. Signal Transduction during Oxidative Stress. *Journal of Experimental Botany*, 53, 1227-1236.
- Warrington, K., 1923. The Effects of Boric Acid and Borax on the Broad Bean and Certain other Plants. *Annals of Botany*, 37, 457-466.
- Zhu, J.K., 2001. Plant Salt Tolerance. *Trends in Plant Sciences*, 6, 66-71.